

# HEDEF PROGRAMLAMA İLE TAŞIMA PROBLEMLERİNE ÇÖZÜM: TÜRKİYE ÇİMENTO FABRİKALARI ÖRNEĞİ

Geliş Tarihi (Received Date) 20.11.2017

Kabul Tarihi (Accepted Date) 07.03.2018

Görkem POLAT<sup>1</sup>

Şenol ALTAN<sup>2</sup>

## Özet

Bu çalışmada ulaştırma modeli temel alınarak hedef programlama kullanımı ile taşıma problemlerine alternatif bir çözüm bulma amaçlanmıştır. Bu amaç için ilk aşamada Ülkemizde Çimento sektöründe faaliyet gösteren fabrikalardan talep noktalarına olan dağıtım temel problem olarak ele alınmıştır. Çalışmada arz ve talep noktaları coğrafi bölgeler olarak tespit edilmiştir. Coğrafi bölgeler için kurulan ulaştırma modelinden yararlanılarak optimum dağıtım elde edilmiştir. İkinci aşamada ise birinci aşamadaki sonuçlara dayalı olarak toplam maliyeti minimize etmek ve arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarı olan çimento miktarının da toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması biçiminde iki hedef belirlenerek bu hedeflerin gerçekleşip gerçekleşmeyecekleri hedef programlama kapsamında değerlendirilmiştir. Sonuçta WinQSB paket programıyla elde edilen bulgulara göre her iki hedefin de sağlandığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Çimento Sektörü, Ulaştırma Modeli, Hedef Programlama

## THE SOLUTION TO TRANSPORT PROBLEMS WITH GOAL PROGRAMMING: EXAMPLE OF TURKISH CEMENT FACTORIES

### Abstract

This study aims to find an alternative solution to transportation problems by using target programming based on transportation model. For this purpose, in the first stage, the distribution to the demand points from the factories operating in the cement sector in our country is considered as the basic problem. Supply and demand points in the study were determined as geographical regions. Optimum distribution was obtained by using the transportation model established for geographical regions. In the second stage, based on the results of the first stage, the targets were determined to be realized by setting two targets, namely the total cost to be minimized and the total amount of goods to be sent from the supply centers to the demand centers to be equal to the total demand or supply amounts. As a result, WinQSB showed that both targets were provided according to the findings obtained with the package program.

**Keywords :** Cement Sector, Transportation Model, Goal Programming

## 1. GİRİŞ

Amacın basit bir biçimde maksimize ya da minimize edilmesi yerine somut hedefler elde edilecek başarının düzeyinin belirlenmesinde önemli olacaktır. Oluşturulan hedefler kümesi nihai hedefe ulaşmada çok aşamalı bir yaklaşımın parçasını oluşturacaktır.

Karar vericilerin sıkça karşılaştıkları ve genellikle çok aşamalı olan problemler bir hedefler kümesi ile rahatlıkla çözümlenebilmektedir. Bu tür problemlerin çözümü amacıyla uygulamada kullanılan yöntemlerden biri de hedef programlamadır. Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan hedef programlama, kısıtlı optimizasyon yöntemi olan doğrusal programlamanın özel bir durumudur. Bu yöntem çok sayıda amaç ya da hedef için eşanlı bir çözüm bulmakla ilgilidir.

İş dünyası ve sanayi sektöründe farklı ulaştırma modeli yöntemleri mal ve hizmetlerin ulaşımı ya da tahsisi için kullanılmaktadır. Ulaştırma problemlerinde mal ve hizmetler doğrudan üretim yeri ile satış yeri arasında dağıtılmaktadır. Ancak ulaştırma problemlerinin özel bir halini oluşturan taşıma problemlerinde ise mal ve hizmetler üretim yeri, satış yeri ve/veya bazı ana noktalar arasında dağıtılır. Buradaki amaç arz ve talebi karşılayacak ulaştırma maliyetlerinin minimize edilmesidir.

Taşıma problemlerinin çözümünde geleneksel yöntemler kullanılabileceği gibi bu amaca yönelik olarak farklı çözüm alternatifleri de sunulabilir. Bu alternatiflerden biri de hedef programlama modelidir. Bu çalışmanın amacı hedef programlama modelini kullanarak taşıma problemlerine alternatif bir çözümü ampirik olarak ortaya koymaktır. Bu amaçla Türkiye Çimento fabrikaları genel anlamda araştırma kapsamına alınmıştır.

<sup>1</sup> Yüksek lisans öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü (grkyp1t21@gmail.com)

<sup>2</sup> Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü, (saltan@gazi.edu.tr)

## 2. Literatür Taraması

Taşıma problemleri, kısıtlı kapasiteye sahip sunum(üretim) merkezlerinden talepleri belli olan istem(talep) merkezlerine maliyeti minimum kılacak veya maksimum kara ulaşacak şekilde mal veya hizmet dağıtımını yapma problemleridir. Gerçek hayata indirildiğinde ise birbirleriyle çelişen, örneğin maliyetin minimizasyonu, talep miktarının fazla olduğu fabrikalara ortalama dağıtım zamanının minimizasyonu ve yakıt minimizasyonu gibi birden fazla amaç optimize edilmeye çalışılmaktadır. Birden fazla amacın ele alınması ile hedef programlamayla da benzerlik göstermektedir.

Taşıma işlevinin fiziksel dağıtımdaki yeri önemlidir. 1973 yılında dünyanın 500 büyük endüstri firması, ürünlerini pazara taşımak için 70 milyar dolara yakın harcama yapmışlardı. 1980'lerin başında ise bu rakam 214 milyar dolara varmıştı.

Taşımacılığın fiziksel dağıtım için dört temel şekli kullanılır: Karayolu, Denizyolu, Demiryolu, Boru hattı. Demiryolu, havayolu ve su taşımacılığı genellikle uzun mesafelerde, karayolu ise kısa mesafelerde kullanılır (Menemencioğlu, 1999).

Ulaştırma ve dağıtım araçlarının yapısı günümüzde çok değişkenlik gösterdiği için, bu yapı rekabetin şiddetlenmesine yol açmaktadır. Kamuya ait hava, kara, deniz ve tren yolları özelleştirilmesi dolayısıyla Türkiye'de taşımacılık daha da cazip hale gelmeye başladı. Yakın gelecekte ise kamuya ait taşıma sektörünün tamamen özelleştirilmesi daha az maliyetle dağıtım sisteminin işletilmesi ve ucuz dağıtım yapılmasını gündeme getirecektir. Bu sebepten fabrikalar üretmiş oldukları malların taşınmasında fiyat politikaları bakımından belirsizlik ve karmaşa yaşayabilmektedir. Bu zorluğu çözebilmek adına birçok yol mevcuttur fakat hangisinin daha minimum maliyetle çözüme ulaştığı hakkında kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışmada ise karmaşıklığı çözmek ve sonuca ulaşabilmek adına hedef programlama modeli seçilmiştir.

Başta Orta Asya ve Doğu Avrupa olmak üzere, uluslararası konjonktürde meydana gelen gelişmeler Türkiye'nin Jeo-stratejik önemini daha da artırarak taşıma sektörünün stratejik ağırlığını da artırmıştır.

Taşıma sisteminin planlanması ve işletilmesi için karar vericilerin karşılaştıkları problemler, oldukça karmaşık bir yapıdadır. Son dönemlerde bütünleşik ve disiplinler arası yaklaşımlar benimsenmiş ve insan-makine sistemlerinin karmaşık yapıdaki karar problemlerine bilimsel yöntemlerle çözümler arayan bir disiplin olarak, ulaştırma sistemlerinin gerek planlama, gerek işletme düzeyindeki karar problemlerinde de uygulama alanı bulmuştur. Taşımacılıkta farklı bir irdeleme olarak bu çalışmada, taşımacılık sektörünün işleyiş süreci hedef programlama yardımı ile maliyeti minimuma indirgenmeye çalışılmıştır.

Literatürde en çok tartışılan ve çalışılan problemler arasında yer alan ulaştırma ve taşıma problemi ilk olarak 1956 yılında Türk Silahlı kuvvetleri bünyesinde tümüyle yedek subaylardan oluşan bir Yöneylem Araştırma Grubu kurulmuştur. Ardından sivil kesimde ilk Yöneylem Araştırma grubu 1965 yılında TÜBİTAK'a bağlı olarak kurulan Yöneylem Araştırması Ünitesi'dir. 1975 yılı şubat ayında düzenlenen Yöneylem Araştırma 1.Kongresi'nden sonra da, Türkiye Yöneylem Araştırma Derneği kurulmuştur. Bu oluşumların gayretiyle ülkemizde tanınmaya başlamıştır.

Ulaştırma modeli konusunda ilk makale Rus Matematikçisi L.V. Kontorovich tarafından yazılmıştır (Tunçay, 2006:55). Bu makalede üretim miktarları farklı olan makinelere işlerin dağıtım problemi ile ulaştırma modeli arasındaki yakın ilgi anlatılmıştır. Taşıma problemlerinin formülasyonu ve çözümünde matematik kavramlarının kullanılması 1941 yılında başlamıştır. Bu tarihe F.L. Hitchcock tarafından petrol endüstrisinde nakliyat ve dağıtım maliyetlerini minimize etmek için "Ürünün Birkaç Üretim Merkezinden, Birçok Tüketim Merkezine Dağıtım" adı altında bir eserle yayımlanmıştır (Soylu, 1997: 2). Bu çalışmayı 1947 yılında T.C. Koopmans'ın Hitchcock'tan habersiz olarak yayınladığı "Ulaştırma Sisteminin Optimum Kullanılması" adlı makalesi izlemiştir. Ulaştırma modeli alanında büyük önem taşıyan çalışmalar birkaç yıl sonra ileri matematik bilgisine sahip olanların anlayabileceği şekle dönüşmüştür. 1953 yılında A. Charnes ve W.W. Cooper, "Kuzeybatı Köşe Yöntemi ve Atlama Taşı Metodu"nu geliştirmişlerdir. (Charnes ve Cooper, 1961: 57).

Hedef Programlama ise ilk defa doğrusal hedef programlama olarak Charnes Ve Cooper (1961) tarafından geliştirilmiştir (Evren ve Ülengin, 1992). Bu yöntemin temeli doğrusal programlamaya

dayanır. Bu yöntemde karar vericiden, her bir amaç için erişilmesini arzu ettiği bir hedef değer belirlemesi istenir. Daha sonra, tercih edilen çözüm bu hedef değerlerden sapmaları minimum kılan çözüm olarak belirlenir (Evren ve Ülengin, 1992).

Romeo, Schniederjans ve Tamiz'in yaptığı çalışmalarla HP'nın birçok etkili uygulama alanının olduğu ortaya konulmuştur (Steuer, 1986).

2013 yılında, Avrupa çimento üreticileri arasında İtalya ve Almanya'nın ardından 3. ve dünya çimento üreticileri arasında 10. ülke durumunda olan Türkiye, 2015 yılı verilerine göre de, Avrupa çimento üreticileri arasında birinci, dünya ülkeleri arasında yedinci sırada yer almaktadır. 2016 yılı verilerine göre ise Avrupa da 3. dünyada 9. sırada yer almaktadır. Çimento teknolojisi Türkiye'ye 50 yıl gecikme ile girmiştir. Çimento üretimi 20,000 ton/yıl kapasiteli Darıca' da Aslan A.Ş ile Eskişehir' de Portland çimentosu ve su kireci A.Ş fabrikalarının kurulması ile başlamıştır. Sanayi sürekli savaşlar ve ayaklanmalar içinde bulunan ülkede 1925 yılına dek önemli bir gelişme gösterememiştir. Cumhuriyet'in kuruluşu ile birlikte yeni fabrikalar devreye alınmış, böylece bir yandan üretim artarken öbür yandan artan çimento talebini karşılamak üzere ithalat sürmüştür.

I I. Dünya savaşının Türkiye'yi içine soktuğu savaş ekonomisi inşaat ve dolaylı olarak çimento sektöründe duraklamaya neden olmuştur. 1950'ler de özel kesim ve kamunun ayrı ayrı yeni fabrikalar oluşturmaya başladıkları ve bu çerçevede devletin 1953 yılında Türkiye Çimento Sanayi T.A.Ş (ÇİSAN)'ı kurduğu görülmektedir. ÇİSAN'ın kurulması üretim artışları açısından çimento endüstrisinde gerçek " milat" sayılmak gerekir, çünkü 1957 yılından başlayarak ithalat kesilmiş ve Cumhuriyet temel bir sanayide kendi kendine yeterliliğin ilk adımını atmıştır.

### 3.Çözüm Tekniklerinin Çimento Sektörüne Uygulanması

Bu çalışmada, ana konu olarak çimento taşıma problemi incelenmiş ve problem analitik yöntemler kullanılarak çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, Türkiye 7 coğrafi bölgeye ayrılmış ve her bölge için pilot 7 şehir seçilmiştir. Seçimdeki kriter nüfus yoğunluğuna indirgenerek olmuştur.

Şehir	Nüfus Sayısı
Ankara	5.346.518
İstanbul	14.804.116
İzmir	4.223.548
Antalya	2.328.555
Samsun	1.295.927
Van	1.100.190
Şanlıurfa	1.940.627

Tablo 1: TÜİK 2016 İl Nüfusları

### 4. Çimento Sektörünün Genel Tanıtımı

Çimento, doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzeme olarak tanımlanmaktadır. Hidrolik bağlayıcı maddeler, su ile reaksiyonu sonucu sert bir kütle oluşturduktan sonra su içerisinde dağılmayan, sertliğini ve mukavemetini muhafaza eden veya artıran bağlayıcı maddelerdir. Çimento, belirli standartlara dayanılarak üretilmektedir. Avrupa ülkelerinin çoğunluğu için geçerli olan çimento standartlarının hazırlanmasına 1973 yılında Avrupa Standardizasyon Komitesi'nin teknik komitesi TC 51 ile başlanmıştır. Çeşitli Avrupa ülkelerinde çok sayıda çimento türünün yerel standartlara uygun olarak kullanılmakta olduğunu dikkate alan komitenin genel çimentolar için hazırladığı EN 197-1 standardı Türkiye tarafından da kabul edilmiş ve "CEM Çimentosu" olarak adlandırılmıştır. Buna göre; CEM çimentosu, hidrolik sertleşmesi öncelikle kalsiyum silikatların hidratasyonu sonucu meydana gelen ve içindeki reaktif CaO ve reaktif SiO<sub>2</sub> toplamının kütlece en az %50 olması gereken çimentodur. Bileşimi portland çimentosu klinkeri, kalsiyum sülfat ve çeşitli mineral katkılardır.

Türk çimento sektörü, 1911 yılında 20.000 ton/yıl kapasiteli bir fırınla Darıca’da üretime başlamıştır. Daha sonra bu fabrika 1923 yılında tevsi edilerek kapasitesi 40.000 ton/yıla yükseltilmiştir. 1950’li yıllara kadar Ankara, Zeytinburnu (İstanbul), Kartal (İstanbul) ve Sivas’ta 4 yeni fabrika kurulmuş ve toplam kapasite 370.000 ton/yıla ulaşmıştır. 1950’den sonra Türkiye Çimento Sanayisi T.A.Ş.’nin (ÇİSAN) kurulmasıyla üretim artışı sağlanmasına rağmen 1970'lere dek talebin yeterli derecede karşılanamaması nedeniyle çimento ithalatı devam etmiştir.

Sektör, Türkiye’de yıldan yıla artan ihracat hacmi ile GSMH’de önemli bir yer sahibi olmanın yanında, sağladığı önemli istihdam düzeyiyle de ekonomik yapı içindeki önemini korumaktadır. Makroekonomik dalgalanmaların ve istikrarsızlıkların ilk etkisini gösterdiği sektörlerden biri olan çimento sektörü, yaşanan ekonomik krizlerden olumsuz yönde etkilenmekte olup, inşaat sektörünün ana girdilerinden birini sağlaması sebebiyle, bu sektördeki dalgalanmalardan doğrudan etkilenmektedir.

Günümüzde sektör, hammadde konusunda tamamen kendi kaynaklarını kullanmakta olup, üretimiyle ülke ihtiyacını karşılayabilmektedir. İthalattaki payı az olan çimento sektörü, ihracattaki payını her geçen gün arttırmakta ve dünyanın 90 ülkesine satış yapmaktadır. İhracatın büyük bölümü Irak, Rusya ve Libya’ya yapılmaktadır. Mevcut durumda, yurtiçi talebi karşılamakta sıkıntı çekmeyen, bunun yanı sıra ihracatını yaklaşık yüzde 150 oranlarında artıran sektör, dünyanın en büyük çimento ihracatçısı konumuna gelmiştir.

## 5. Yöntem

Bu bölümde çalışmada kullanılan model veya yöntemler hakkında bilgi verilecektir.

### 5.1. Ulaştırma Modeli

Doğrusal programlama tekniğinin en çok uygulandığı alanlardan biri de ulaştırma problemleridir. Bu problemlerde homojen bir mal, üretildiği “m” tane kaynaktan herhangi bir “n” tane hedef noktasına ulaştırılmak istenir. Bu tür problemlerde karar verilmesi gereken önemli nokta, i. kaynaktan j. talep noktasına ya da depoya ulaştırılacak mal miktarının ne olması gerektiğidir. Bir ulaştırma problemi model olarak aşağıda verilen Tablo 1’deki gibi tablolştırılabilir.

Hedef Kaynak	1	2	3	n	Kapasite
1	$c_{11}$ $x_{11}$	$c_{12}$ $x_{12}$	$c_{13}$ $x_{13}$	$c_{1n}$ $x_{1n}$	$a_1$
2	$c_{21}$ $x_{21}$	$c_{22}$ $x_{22}$	$c_{23}$ $x_{23}$	$c_{2n}$ $x_{2n}$	$a_2$
...	...	...	...	...	...
m	$c_{m1}$ $x_{m1}$	$c_{m2}$ $x_{m2}$	$c_{m3}$ $x_{m3}$	$c_{mn}$ $x_{mn}$	$a_m$
Talep	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_n$	

Tablo 2: Ulaştırma Modeli

Tablo 1’de  $c_{ij}$ , i. üretim merkezinden j. tüketim merkezine gönderilen malın birim ulaştırma maliyetini,  $x_{ij}$  ise i. üretim merkezinden j. tüketim merkezine gönderilecek malın birim sayısını veya miktarını ifade etmektedir.

## 5.2. Hedef Programlama

Karar problemleri amaç bakımından “tek amaçlı” ve “çok amaçlı” olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Tek amaçlı problemler, tek bir amaç fonksiyonunun optimizasyonu ile tanımlanabilirler. Gerçek hayat problemlerinde optimize edilmek istenen amaç fonksiyonu sayısı genellikle birden fazla ve birbirleriyle çelişik olabilir. Farklı hedeflerin ve kısıtların tek modelde aynı anda incelenmesini ve hedeflerin eşanlı olarak gerçekleştirilmesini sağlayan hedef programlama yöntemidir. Hedef programlamada ana düşünce, orijinali çok amaçlı olan problemi tek amaçlı probleme dönüştürmektir (Baray ve Esnaf, 2000: 343).

Hedef programlama, çok sayıda hedef veya amaçların bulunduğu doğrusal programlama problemlerine uygulanan bir yöntemdir. Doğrudan amaçları optimize eden doğrusal programlamanın aksine hedef programlama, hedef değerler ve gerçekleşmiş sonuçlar arasındaki sapmaları minimize ederek, çatışan amaçları yönetmek amacıyla kullanılır (Leung vd., 2003: 427). Bu yöntemde karar vericiden her bir amaç için erişilmesini arzu ettiği bir hedef değer belirlemesi istenir. Bu yöntemde göre tercih edilen çözüm, bu hedef değerlerden sapmaları en küçükleyen çözüm olmaktadır. İşletme yönetiminde karmaşık ve birden fazla çok sayıda hedef olduğu zaman, karar vericinin gözünde kazandıkları önem derecesine göre, bu hedefler bir öncelik sırası edinir (Evren ve Ülengin, 1992: 54). Bu öncelik sırası verilmiş olan hedefleri gerçekleştirmek artık yönetimin görevi olmaktadır. Sonuçta hedeflerden sapmalar, yani bir hedefin beklenenin üzerinde gerçekleşmesi (+) pozitif sapma ve hedefin altında kalınması (-) negatif sapma değerleri toplamının minimize edilmesi bir tek amaç olarak ortaya konulur.

Ulaşılmak istenen hedef değerlerini gösteren fonksiyonlar, hedeften olası sapmaları içeren kısıt fonksiyonlarıdır. Bunlar sistem kısıtları kadar katı ve değişmez değildir. Sistem kısıtları sağlandıktan sonra hedef kısıtlarının sağlanması süreci başlar. Hedeflenen başarı ile gerçekleşen başarı arasındaki fark sapma olarak tanımlanır. Hedef tam anlamıyla sağlanmışsa sapma sıfırdır. Tek başına bir amaç fonksiyonu iken birden çok hedefi inceleyen hedef programlama modelinde bir kısıt olarak ifade edilen hedefler yeni amaç fonksiyonuna karşı modelin bir kısıtı olarak değerlendirilirler.

Hedefe ulaşılamamışsa negatif sapma, hedefin üzerinde bir başarı sağlanmışsa pozitif sapma oluşur. Pozitif sapmalar  $d_i^+$ , negatif sapmalar  $d_i^-$  ile gösterilir. Eğer hedef kısıtlayıcısı “ $\geq$ ” yönünde ise  $d_i^+$  istenen değişken ve  $d_i^-$  istenmeyen sapma değişkenidir. Hedef kısıtlayıcısı “ $\leq$ ” yönünde ise  $d_i^-$  istenen ve  $d_i^+$  ise istenmeyen sapma değişkeni olacaktır. Hedef kısıtlayıcısı “ $=$ ” durumunda ise  $d_i^+$  ve  $d_i^-$  her ikisi de istenmeyen sapma değişkenler durumundadırlar.

Hedef programlamada sağlanması istenen amaç fonksiyonu doğrusal programlama ile aynı biçimdedir. Ancak bu yöntemdeki amaç fonksiyonu, modeldeki tüm hedefleri birleştiren bir özelliğe sahiptir. Yöntem, modelde yer alan hedeflerden muhtemel sapmalar toplamının minimize edilmesi ilkesine dayanır. Hedef programlamanın amaç fonksiyonu da işte bu ilkeye dayanılarak kurulmaktadır. Diğer yandan farklı hedeflerin farklı öncelikleri ve önem sıraları olabilir. Bu durumda hedef programlama modelinin amaç fonksiyonu aşağıdaki üç türde yazılabilir (Schiederjans, 2004: 260):

$$\text{Minimize: } Z = \sum_{i=1}^l (d_i^- + d_i^+) \quad (1)$$

$$\text{Minimize: } Z = \sum_{i=1}^l P_k (d_i^- + d_i^+) \quad (k= 1, 2, \dots, K) \quad (2)$$

$$\text{Minimize: } Z = \sum_{i=1}^l w_{ki} P_k (d_i^- + d_i^+) \quad (k= 1, 2, \dots, K) \quad (3)$$

Burada;

$d_i^+$  : Hedeften pozitif sapma miktarı

$d_i^-$  : Hedeften negatif sapma miktarı

$P_k$  : Hedeflerin öncelik sırası

$w_{kl}$  : Ağırlıklandırma katsayısı

Model (1); hedefler arasında öncelik sıralaması veya birbirlerine göre ağırlıklarında fark olmadığı durumda kullanılmaktadır. Bu durumda bütün hedefler aynı öncelik sırasına sahiptir. Bu modelde  $l$  adet hedefe ait pozitif ya da negatif sapmaların toplamı minimize edilmek istenmektedir.

Model (2); hedefler arasında bir öncelik sıralaması söz konusu olduğu zaman kullanılmalıdır. Burada  $K$  adet hedef, önceliklerine göre  $P_1 > \dots > P_K$  şeklinde sıralanmıştır. Bu model, hedeflerin sıralanması gereken ancak her öncelik derecesinde aynı ağırlığa sahip sapma değişkenleriyle çalışılması durumunda kullanılır.

Model (3)'te ise hem hedefler sıralandırılmış, hem de her öncelik derecesindeki sapma değişkenleri,  $w_{kl}$  değişkeni aracılığıyla, ağırlıklandırılmıştır.

## 6. Uygulama: Hedef Programlama ile Taşıma Problemlerine Çözüm: Türkiye Çimento Fabrikaları Örneği

Bu çalışmada Türkiye çimento fabrikaları bünyesinde faaliyet gösteren çimento fabrikalarından talep noktalarına dağıtım temel problem olarak alınmıştır. Model kurulumu için çimento sektörü Türkiye 7 ayrı coğrafi bölgede ele alındığından her bir bölge için çimento talep ve arz miktarlarının bulunması gerekmektedir. Bunun için Tablo 2'de verilen bilgiler kullanılmıştır. Tablodaki veriler 2016 Türkiye Çimento Müstahsiller Birliğinin 2016 yılı bölgesel verileri olup üretim değerleri arz, toplam satış değerleri ise talep miktarları olarak kabul edilmiştir. Ulaştırma modeli oluşturulurken her bir bölgenin coğrafi olarak bir şehri merkez olarak tespit edilmiştir. Marmara Bölgesi İstanbul, Ege Bölgesi İzmir, Akdeniz Bölgesi Antalya, İç Anadolu Bölgesi Ankara, Karadeniz Bölgesi Samsun, Doğu Anadolu Bölgesi Van ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Şanlıurfa şehirleri ile temsil edilmiştir. Böylece her bölge için uzaklıklar bu merkez iller baz alınarak km cinsinde ölçülmüştür.

Çalışma iki aşamadan oluşmuştur. Birinci aşamada toplam çimento üretim ya da arz miktarları ile bölgelerin çimento talep miktarları veri iken, toplam taşıma maliyetinin minimize edilmesi problemi ele alınmıştır. İkinci aşamada ise belirlenen hedefler için uzlaşık çözümler araştırılmıştır.

### Birinci Aşama:

Birinci aşama için ele alınan taşıma problemine ilişkin model gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} \quad (4)$$

kısıtlayıcılar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad a_i > 0, \quad i = 1,2,3, \dots, m \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad b_j > 0, \quad j = 1,2,3, \dots, n \quad (6)$$

Kaynaklar üretimin yapıldığı yerler olan fabrika ya da arz noktaları olup  $a_m$  ile gösterilen kapasitelerine göre karakterize edilirler. Hedef ya da talep noktaları ise tüketimin kolaylıkla gerçekleştiği yerler olan talep noktaları ya da depolar olup  $b_n$  ile gösterilen gerekli talep düzeylerine göre karakterize edilirler. Burada; taşıma modelinin değişkenleri bakımından bu çalışmaya özgü olarak  $c_{ij}$  'nin,  $X_{ij}$  için km. cinsinden taşıma maliyetini, diğer bir ifade ile bölgeler arası mesafeleri

gösterdiğini belirtmek gerekir. Bu mesafeler Tablo 3'den, bölgelere göre üretim ve tüketim miktarları da Tablo 2'den alınarak **Çizelge 1** oluşturulmuş, çözüm sonuçları da Tablo 4'de sunulmuştur.

<b>BÖLGELER</b>	<b>ARZ</b>	<b>TALEP</b>
Marmara	19177817	19235341
Ege	6078776	5841270
Akdeniz	18159749	17425642
Karadeniz	9051464	8967669
İç Anadolu	12123726	12096096
Doğu Anadolu	5564619	5444873
Güneydoğu Anadolu	5247174	5254835
<b>TOPLAM</b>	<b>75403325</b>	<b>74265726</b>

Tablo 3: Bölgelere Göre Çimento Üretim ve Tüketim Miktarları (ton)

	<b>Ankara</b>	<b>İstanbul</b>	<b>İzmir</b>	<b>Antalya</b>	<b>Şanlıurfa</b>	<b>Van</b>	<b>Samsun</b>
<b>Ankara</b>	0	449,9	585,3	483,5	842,5	1218,8	410,6
<b>İstanbul</b>	449,9	0	471,8	715	1289,9	1610,2	736,9
<b>İzmir</b>	585,3	471,8	0	455,2	1253,6	1776,3	1000,3
<b>Antalya</b>	483,5	715	455,2	0	966,2	1488,9	889,6
<b>Şanlıurfa</b>	842,5	1289,9	1253,6	966,2	0	543,3	839,5
<b>Van</b>	1218,8	1610,2	1776,3	1488,9	543,3	0	1010,8
<b>Samsun</b>	410,6	736,9	1000,3	889,6	839,5	1010,8	0

Tablo 4: Bölgeler Arası Mesafeler (Km)

Kaynak: Türkiye Çimento Müstahsiller Birliği, 2016

	<b>Ankara</b>	<b>İstanbul</b>	<b>İzmir</b>	<b>Antalya</b>	<b>Şanlıurfa</b>	<b>Van</b>	<b>Samsun</b>	<b>Üretim Miktarı</b>
<b>Ankara</b>	1 X <sub>11</sub>	449,9 X <sub>12</sub>	585,3 X <sub>13</sub>	483,5 X <sub>14</sub>	842,5 X <sub>15</sub>	1.218,8 X <sub>16</sub>	410,6 X <sub>17</sub>	<b>11.578,502</b>
<b>İstanbul</b>	449,9 X <sub>21</sub>	1 X <sub>22</sub>	471,8 X <sub>23</sub>	715 X <sub>24</sub>	1.289,9 X <sub>25</sub>	1.610,2 X <sub>26</sub>	736,9 X <sub>27</sub>	<b>17.684,464</b>

<b>İzmir</b>	585,3 X <sub>31</sub>	471,8 X <sub>32</sub>	1 X <sub>33</sub>	455,2 X <sub>34</sub>	1.253,6 X <sub>35</sub>	1.776,3 X <sub>36</sub>	1.000,3 X <sub>37</sub>	<b>5.601,954</b>
<b>Antalya</b>	483,5 X <sub>41</sub>	715 X <sub>42</sub>	455,2 X <sub>43</sub>	1 X <sub>44</sub>	966,2 X <sub>45</sub>	1.488,9 X <sub>46</sub>	889,6 X <sub>47</sub>	<b>17.062,747</b>
<b>Şanlıurfa</b>	842,5 X <sub>51</sub>	1.289,9 X <sub>52</sub>	1.253,6 X <sub>53</sub>	966,2 X <sub>54</sub>	1 X <sub>55</sub>	543,3 X <sub>56</sub>	839,5 X <sub>57</sub>	<b>4.984,458</b>
<b>Van</b>	1.218,8 X <sub>61</sub>	1.610,2 X <sub>62</sub>	1.776,3 X <sub>63</sub>	1.488,9 X <sub>64</sub>	543,3 X <sub>65</sub>	1 X <sub>66</sub>	1.010,8 X <sub>67</sub>	<b>5.121,136</b>
<b>Samsun</b>	410,6 X <sub>71</sub>	736,9 X <sub>72</sub>	1.000,3 X <sub>73</sub>	889,6 X <sub>74</sub>	839,5 X <sub>75</sub>	1.010,8 X <sub>76</sub>	1 X <sub>77</sub>	<b>8.656,590</b>
<b>Talep</b>	<b>11.563,280</b>	<b>17.884,827</b>	<b>5.411,976</b>	<b>16.386,698</b>	<b>4.989,318</b>	<b>5.304,595</b>	<b>8.623,925</b>	

Çizelge 1. Ulaştırma Model Tablosu

Arz Noktası	Talep Noktası	Taşıma Mesafesi
1. Bölgedeki Fabrika	1. Bölge	0.1917782E+08
2. Bölgedeki Fabrika	1. Bölge	57524.00
2. Bölgedeki Fabrika	2. Bölge	6013591
2. Bölgedeki Fabrika	7. Bölge	7661.000
3. Bölgedeki Fabrika	3. Bölge	0.1742564E+08
4. Bölgedeki Fabrika	4. Bölge	8967669
5. Bölgedeki Fabrika	5. Bölge	0.1212373E+08
6. Bölgedeki Fabrika	6. Bölge	5444873
7. Bölgedeki Fabrika	7. Bölge	5247174

Tablo 5: Ulaştırma Tablosu Çözüm Sonuçları

Burada maliyetler km. cinsinden belirlenmiştir. Amaç her bir bölgedeki fabrikalardan her bir bölgeye çimento ürününü taşıma maliyetini km. cinsinden minimize etmektir. Buna göre optimum taşıma tabloda verildiği gibi gerçekleşmiştir. Çimento üretimi çimento tüketiminden fazla olduğundan kalan kısım ihraç edilmektedir. Amaç fonksiyonunun toplam değeri 0.3152544E+08 km. olup üretim yerlerinden tüketim bölgelerine optimum taşıma maliyetini kilometre olarak ifade etmektedir. Maliyet olarak ise 31525438.5 km olarak bulunmuştur.(E=10<sup>^</sup>)

İkinci Aşama:



Birinci aşamada ele alınan problemde toplam taşıma maliyetini minimize şeklinde tek bir amaç söz konusudur. Daha önce de ifade edildiği gibi karar verici için tek bir amaç söz konusu olmamaktadır. Karar vericinin birden fazla amacı olabileceği gibi bu amaçlar birbirleri ile de çelişebilir.

Hedef programlama, birden çok maksimizasyon ya da minimizasyon fonksiyonunun yer aldığı çok amaçlı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bu tip problemlerde doğrusal programlama tek başına yetersiz kalmaktadır. Çünkü doğrusal programlama tek bir amaç fonksiyonuna yönelik işlem yapılmasına izin vermektedir.

Çok amaçlı karar verme teknikleri içinde yaygın olarak kullanılan hedef programlamada her bir amacın, göz önünde bulundurulmuş kısıtlar altında istenilen hedeflere ulaşılması istenir (Taha, H. (2000)).

Bu çalışmada ulaştırma modelinden yola çıkarak hedef programlama modeli ele alınmıştır. Çalışmada;

- Toplam maliyeti minimize etmek,
- Arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarının toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması olarak tanımlanan iki farklı hedef belirlenmiştir.

Herhangi bir hedef programlama modelinin amaç fonksiyonu belirtilen hedeflerden sapmaların mutlak değerce toplamını minimize etmeye çalışır. Çalışmadaki hedefler bakımından ulaştırma modelini dikkate alan geliştirilmiş doğrusal hedef programlama modeli şu şekilde oluşturulabilir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Z \min = p_1 d_1^+ + p_2 (d_2^- + d_2^+) \quad (7)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + d_1^- - d_1^+ = c_1 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} + d_2^- - d_2^+ = b_2 \quad (9)$$

$c_1$  : Toplam ulaştırma maliyeti

$b_2$  : Arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarı ( Bu miktar arz kaynaklarının talep merkezlerinin toplam değerine eşit olmalıdır.)

$x_{ij}$  : i. bölgede yer alan fabrikalardan j. bölgeye ulaştırılan birim sayısı,

$d_1^-$  : Birinci hedeften negatif sapma miktarı,

$d_1^+$  : Birinci hedeften pozitif sapma miktarı,

$d_2^-$  : İkinci hedeften negatif sapma miktarı,

$d_2^+$  : İkinci hedeften pozitif sapma miktarı,

Hangi Bölgeden	Karar Değişkenleri	Çözüm Değeri
1	X1	0.1917782E+08
2	X1	57523.96
2	X2	5841270.00
2	X7	7661.000

3	X3	0.17425564E+08
4	X1	0.4464286E-01
4	X4	8967669.000
5	X5	0.1209610E+08
6	X6	5444873.000
7	X7	5247174.000

Tablo 6: Birinci Hedef için Hedef Programlama Modeli Çözüm Sonuçları

Birinci hedef değeri 0.000 olarak elde edilmiştir. Hedef 1'e göre 1. Bölgede yer alan fabrikalardan 1.bölgeye 0.1917782E+08 ton, 2.Bölgede yer alan fabrikalardan 1.bölgeye 57523.94 ton, 2.bölgeye 5841270 ton ve 7.bölgeye 7661 ton çimento taşındığını ifade eder. Benzer şekilde 7.bölgeden 7. Bölgeye 5247174 ton çimento taşınmıştır. İlk hedefin çözümlenmesi sonucunda elde edilen amaç fonksiyonu değerinden aynı zamanda istenmeyen sapma değişkeninin değerinin de 0.000 olduğu, diğer bir ifadeyle hedef 1'in sağlandığı sonucuna ulaşılır.

Hangi Bölgeden	Karar Değişkenleri	Çözüm Değeri
1	X1	0.1917782E+08
2	X1	57523.96
2	X2	6013591.000
2	X7	7661.000
3	X3	0.1815975E+08
4	X1	0.4464286E-01
4	X4	9051464.000
5	X5	0.1212373E+08
6	X6	5564619.000
7	X7	5247174.000

Tablo 7: İkinci Hedef için Hedef Programlama Modeli Çözüm Sonuçları

Benzer şekilde ikinci hedef değeri 0.000 olarak elde edilmiştir. Hedef 2'e göre 1. Bölgede yer alan fabrikalardan 1.bölgeye 0.1917782E+08 ton, 2.Bölgede yer alan fabrikalardan 1.bölgeye 57523.94 ton, 2.bölgeye 5841270 ton ve 7.bölgeye 7661 ton çimento taşındığını ifade eder. Benzer şekilde 7.bölgeden 7. Bölgeye 5247174 ton çimento taşınmıştır. İkinci hedefin çözümlenmesi sonucunda elde edilen amaç fonksiyonu değerinden aynı zamanda istenmeyen sapma değişkeninin değerinin de 0.000 olduğu, diğer bir ifadeyle hedef 2'nin sağlandığı sonucuna ulaşılır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Günlük hayatta amacın basit bir biçimde maksimize ya da minimize edilmesi yerine birden fazla ve birbirleriyle çelişik amaçlarla karşılaşılması mümkündür. Bu tür problemlerin çözümü amacıyla uygulamada kullanılan yöntemlerden biri de hedef programlamadır. Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan hedef programlama, kısıtlı optimizasyon yöntemi olan doğrusal programlamanın özel bir durumudur. Bu yöntem çok sayıda amaç ya da hedef için eşanlı bir çözüm bulmakla ilgilidir.

Bu çalışmada ulaştırma modeli temel alınarak hedef programlama kullanımı ile taşıma problemlerine alternatif bir çözüm bulma amaçlanmıştır. Çalışma iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada maliyet optimizasyonu için model ulaştırma modeli ile çözülmüştür. İkinci aşamada ise belirlenen hedefler için uzlaşık çözümler araştırılmıştır. İlk aşamada Ülkemizde Çimento sektöründe faaliyet gösteren fabrikalardan talep noktalarına dağıtım temel problem olarak ele alınmıştır. Çalışmada arz ve

talep noktaları coğrafi bölgeler olarak tespit edilmiştir. Coğrafi bölgeler için kurulan ulaştırma modelinden yararlanılarak optimum dağıtım elde edilmiştir. İkinci aşamada ise birinci aşamadaki sonuçlara dayalı olarak toplam maliyeti minimize etmek ve arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam çimento miktarının da toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması biçiminde iki hedef belirlenerek bu hedeflerin gerçekleşip gerçekleşmeyecekleri hedef programlama kapsamında değerlendirilmiştir. WinQSB programı ile toplam çimento taşıma maliyeti kilometre cinsinden 0.3152544E+08 olarak elde edilmiştir. Belirlenen hedefler çerçevesinde çözüm değerlerinin her ikisi de “0” değerlerini almıştır. Bu sonuç hedeflerin sağlandığı anlamına gelmektedir.

## KAYNAKÇA

- Baray, A.S., ve Esnaf, Ş. (2000). *Yöneylem Araştırması (Hamdy A. Taha, Operation Research An Introduction*6. Basımdan Çeviri, 1. Baskı, İstanbul: Literatür Yayınları.
- Charnes, A. and Cooper, W.W., (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*, New York : J. Wiley.
- Evren, R. ve Üleşin F. (1992) *Yönetimde Karar Verme*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, Sayı: 1478, İstanbul.
- Leung, S.C.H., Wu, Y.Lai, K.K. (2003). Multi-Site Aggregate Production Planning with Multiple Objectives: A Goal Programming Approach, *Production Planning & Control*”, 14(5), 425-436.
- Menemencioğlu T., (1999), “Lojistik Yönetiminde Dağıtım Kanalları Yoluyla Sağlanacak Müşteri Memnuniyetinin İşletmenin Pazar Payına Etkisi ve Isıtma Sektöründeki Bir Uygulaması”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Kütüphanesi, İstanbul.
- Schiederjans, M. J. (2004). *Information Technology Investment: Decision-Making Methodology*, World Scientific Publishing Company, Singapore.
- Soylu M. Y. (1997). Ulaştırma modelleri Kıyaslanması ve Bowman’ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemlerine Bir İşletme Uygulaması, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, İstanbul.
- Steuer, R. E., (1986), *Multiple Criteria Optimization : Theory, Computation and Application*, John Wiley & Sons Inc., Canada.
- Taha, H. (2000), *Yöneylem Araştırması*, 6. Basımdan Çeviri, (Çeviren ve Uyarlayanlar: Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf), Literatür Yayınları:43, İstanbul.)
- Tunçay N.O. (2006) Karışım ve Tasıma Maliyetlerinin Minimizasyonunda Doğrusal Programlamanın Kullanılması ve Bir Maden İşletmesi İçin Uygulama Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Balıkesir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şubat, Balıkesir.
- İnternet : [www.tcma.org.tr/index.php?page=icerikgoster&cntID=33](http://www.tcma.org.tr/index.php?page=icerikgoster&cntID=33) Çimento Üretim ve Tüketim Miktarı adresinden erişilmiştir.
- İnternet : [www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=1590](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1590)